

A növények nitrátakkumulációját befolyásoló tényezők

Napjaink egyik aktuális környezetvédelmi problémája a nitrát akkumulációja a N-körforgalom során az ökoszisztémákban, ezen belül az agrár-ökoszisztémákban. A bolygatatlan élőhelyeken a nitrát a szerves anyag mineralizációja során keletkezik, és ennek üteme határozza meg a talaj NO_3 -tartalmát, valamint az ott élő növények NO_3 -felvételét. A művelt területeken döntő jelentőségű a talajra kijuttatott szerves- és műtrágya mennyisége, és minősége. A fokozott műtrágyázás és a talajművelés megnöveli a mineralizáció mértékét, így növekszik a talaj-növény-víz rendszer NO_3 -transzportja. Ennek következtében érvényesül a N-műtrágyák termésnövelő hatása, de nőnek a N-veszteségek, és fokozódik a zöldségfélék és takarmánynövények NO_3 -akkumulációja, valamint romlik a vízminőség.

A növények megnövekedett NO_3 -szintjének negatív hatásait már a század eleje óta ismerik és tanulmányozzák. A probléma az intenzív gazdálkodás kialakulásával az 1960–1980-as években vált hangsúlyossá, amikor a kemikáliák felhasználása nagymértékben növekedett a magas termésátlagok elérése, és az intenzív fajták biológiai produktivitása érdekében.

Az elfogyasztott magas NO_3 -tartalmú zöldségfélékkel és ivóvízzel az emberi szervezetbe kerülő nitrát methemoglobinémiát okozhat. A nitrát közvetlenül kevésbé toxikus hatású, de a belőle keletkezett nitrit kb. tízszer toxikusabb. A nitrit, mint erősen oxidáló anyag, a vér hemoglobinjához kapcsolódva a Fe^{2+} -iont Fe^{3+} -ionná alakítja, így methemoglobint keletkezik, mely nem képes az oxigén szállítására. A nitrát szerepet játszhat a gyomorrák kialakulásában is.

A növény a felvett nitrátot ammóniává alakítva építi be a szerves anyagba. A NO_3 -redukciót a nitrátreduktáz és a nitritreduktáz enzim katalizálja. Előbbi a nitrátot nitráttá, utóbbi a nitritet ammóniává alakítja. A nitrátreduktáz a citoplazmában, a nitritreduktáz a levelek kloroplasztiszaiban és a gyökerek proplasztidjaiban lokalizálódik. Így a NO_3 -redukció a zöld részekben és a gyökérben egyaránt végbemegy.

A növények NO_3 -akkumulációját a növény genetikailag meghatározott biológiai tulajdonságai, a környezeti, valamint az agrotechnikai tényezők befolyásolják. Ezek hatását nehéz külön-külön vizsgálni és értékelni, valamint előre megbecsülni a termésanyag várható NO_3 -tartalmát, mivel közöttük bonyolult kölcsönhatások vannak.

A növényfaj és -fajta, a fejlettségi állapot, a növényi részek hatása a nitráttartalomra

Az egyes növényfajok és -fajták különböző mértékű NO_3 -akkumulációja az eltérő biológiai sajátosságaikból és az ökológiai faktorok változására adott eltérő válaszreakcióikból ered (PRUGAR et al., 1991). A NO_3 -abszorpció és -transzlokáció sajátosságai kisebb mértékben, a NO_3 -redukció és -asszimiláció nagyobb mértékben befolyá-

solják a NO_3 -felhalmozását. Az egyes szervek nitrátreduktáz-aktivitása (NRA) nem egyforma. Azok a növények, melyek gyökerében alacsony a NRA, a nitrátot a föld feletti szervekbe transzlokálják és főleg a leveleikben redukálják, ahol nagy mennyiségű nitrát képes akkumulálódni (PATE, 1973). A levélzöltségek – köztük a fejes saláta – egyes gyomnövények, takarmánynövények és legelőfüvek magas NO_3 -tartalmát ez magyarázza (SIBMA & ALBERDA, 1980). A borsó NO_3 -tartalma általában alacsony az egész tenyészidőszak alatt (KÁDÁR, 1992), mivel gyökerében nagy a nitrátreduktáz-aktivitás, ezért a felvett nitrogén túlnyomó része már a gyökérben szerves formába épül be, és így szállítódik a xilémedvben (GLAAB & KAISER, 1993; NIKIFOROVA et al., 1993). A zöltségféléket az akkumulált nitrát mennyisége alapján az alábbiak szerint csoportosították TERBE és munkatársai (1986):

1. 200 mg NO_3/kg tartalom alattiak: burgonya, spárga, csiperke, paprika, paradicsom, kelbimbó, cikória, zöldborsó, zöldbab;
2. 200–500 mg NO_3/kg tartalmúak: tojásgyümölcs, uborka, karfiol, brokkoli, dinnye, vöröshagyma, feketegyökér;
3. 500–1000 mg NO_3/kg tartalmúak: fejes káposzta, kelkáposzta, vörös káposzta, leveles kel, sárgarépa;
4. 1000–2500 mg NO_3/kg tartalmú: endívia saláta, gumóseller, petrezselyem, karalábé, rebarbara, póréhagyma;
5. 2500 mg NO_3/kg tartalom felett: halványító zeller, hónapos retek, téli retek, fejes saláta, spenót és egyéb salátafélék.

Az eltérő nitrátakkumuláció morfológiai különbségekre is visszavezethető. Más a gyökérzet típusa, kiterjedése, a gyökér aktivitása, a szár/levél aránya, mely a vegetáció során is változik. Ezért adott körülmények között egyes fajok és fajták sokkal több nitrátot tartalmaznak, mint mások. MINOTTI (In: MAYNARD et al., 1976) feltűnően nagy különbségeket talált a levél morfológiája alapján a salátafajták között, függetlenül a környezeti és tápanyag-ellátottsági tényezőktől. A simalevelű fajták NO_3 -tartalma alacsonyabb volt, mint a fodroslevelűeké. BARKER és munkatársai (1974) spenótfajták vizsgálatánál ugyanezt tapasztalta. Ez a megállapítás nem minden növényfajra érvényes. Fenti szerzők káposzta és endívia sima levelű fajtáiban mérték a magasabb NO_3 -tartalmat.

A NO_3 -tartalom növényen belüli eloszlása sem egyenletes. A növényi részek NO_3 -koncentrációja, és a részeken belüli megoszlása is jelentősen különbözik. Mivel a NO_3 -redukció nagyrészt a zöld levelekben megy végbe, a fiatal, de kifejlett levelek NO_3 -tartalma alacsony. A kifejletlen levelekben, amelyeket a levélállás miatt még nem ér elegendő napfény, magasabb a NO_3 -tartalom. A saláta- és a káposztafélék külső, legidősebb leveleiben és a levélerekben a NO_3 -koncentráció szintén magas (GAUDREAU et al., 1995; ALT & FÜLL, 1988). GILINGERNE (1993) mérései szerint a salátafej külső és belső leveleinek NO_3 -koncentráció különbsége 500 mg/kg körüli (zöldtömegre számítva).

A szállítószövetek, így a szár, levélnyél, levélerek, gyökerek NO_3 -tartalma magasabb, mint más növényi részeké. A sárgarépagyökér NO_3 -tartalma a gyökéren belül sem egyenletes. Legnagyobb a répatest alsó részén, és felfelé haladva csökken (SURÁNYI et al., 1989). A generatív részek NO_3 -tartalma jóval alacsonyabb, mint a vegetatívaké (PRUGAR et al., 1991).

A növények NO_3 -koncentrációja függ a növény korától. A talaj átlagos N-ellátottságánál a fiatal növények NO_3 -tartalma magasabb, majd a növény öregedésével csök-

ken (PASCHOLD & HUNDT, 1986a). Ilyenkor a nitrát az idősebb növényi szervekből a fiatalabbakba transzlokálódik, reutilizálódik. Ha a talaj sok nitrátot tartalmaz a csökkenés nem következik be, hanem további emelkedés várható. MAYNARD és munkatársai (1976) az idősebb salátában 2,6-szer magasabb NO_3 -koncentrációt mértek, mint a fiatalban.

A környezeti tényezők hatása a nitráttartalomra

A talajtulajdonságok módosító hatása

A talaj kémhatása befolyásolja a NO_3^- és NH_4^+ -forma felvehetőségét (PILBEAM & KIRKBY, 1992). A savas tartományban a nitrát, a semlegesben az ammónium felvehetősége nagyobb. A molibdén, mely alkotórésze a nitrátreduktáz enzimnek, a lúgos pH-tartományban mozgékonyabb, így könnyebben felvehető a növény számára (MENGEL & KIRKBY, 1982).

A nitrifikáló mikroorganizmusok aerob szervezetek, ezért csak megfelelő levegőztöttségi viszonyok között működhetnek (HELMECZI, 1994). A talaj jó levegőztöttsége a növények gyökérfejlődéséhez is szükséges.

A magas szervesanyag-tartalmú láptalajokon a szerves anyagból szabaddá váló nitrrogén mennyisége nagyobb, így magasabb lehet a rajtuk termesztett növények NO_3 -tartalma (VENTER, 1983). A tág C/N arányú növényi részek leszántásával csökken a felvehető nitrogén mennyisége, ezért ily módon csökkenthető a zöldségek NO_3 -tartalma (ZURHAKE, 1983).

Az ásványi-N-tartalom növekedésével nő a növény számára felvehető nitrogén mennyisége, így NO_3 -tartalma is.

A nitrifikációs folyamatok megfelelő nedvességtartalomnál mennek végbe. Mivel a szerves anyagok legnagyobb része a talaj felső rétegében van, a felső talajszint nedvességtartalma a meghatározó a mikrobiális folyamatok szempontjából. A heves esőzések – elsősorban a homoktalajokon – kimossák a NO_3 -tartalom egy részét, így csökken a talaj felvehető NO_3 -tartalma (NÉMETHI, 1996).

A talaj hőmérséklete meghatározza a mikrobiológiai folyamatok sebességét és hat a növényi tápanyagfelvételre is.

A fény, a hőmérséklet és a csapadék hatása a nitrátakkumulációra

A fény nagyon fontos tényező a nitrátredukció folyamatában, mivel a nitrátreduktáz enzim képződését a fény indukálja. Az alacsony fényintenzitás és a rövid fotoperiódus növeli a NO_3 -koncentrációt. E két tényező közül a fényintenzitás a meghatározó, mivel alacsony fényintenzitás hatására a nitrátreduktáz-aktivitás csökken, a NO_3 -felvétel azonban nem. Az árnyékban vagy sűrű növényállományban nevelt növények vegetatív szerveiben folyamatos N-ellátottság mellett gyakran magas a NO_3 -tartalom (PASCHOLD & HUNDT, 1986a; SCHUPHAN, 1974). Ugyanígy, felhős napokon magasabb a NO_3 -koncentráció, mint napsütésben. Ezt a betakarítás időpontjának megválasztásánál figyelembe kell venni.

A kora tavasszal és késő ősszel termesztett primőrök NO_3 -tartalma a fényhiány miatt magasabb. A fejes saláta NO_3 -tartalma a téli hónapokban tekintélyesen megnő a nyárihoz képest (VAN DER BOON et al., 1990). Ebben az időszakban pótmegvilágítással csökkenthető a nitrát mennyisége (GAUDREAU et al., 1995). CANTLIFFE (1972a) meg-

állapította, hogy a spenót NO_3 -tartalma 12 órai megvilágítás után 28 %-kal volt kevesebb.

A megvilágítás függvényében a NO_3 -tartalom változásának napi dinamikája van. A növények NO_3 -tartalma reggel magasabb, mint este, mivel az éjszakai órákban nem történik nitrátredukció, ugyanakkor a nitrogén felvétele folyamatos. A napi NO_3 -tartalom ingadozás nem egyformán érvényesül a különböző növényfajoknál, pl. a répánál sokkal kisebb mértékű, mint a spenótnál (BREIMER, 1982).

A hőmérséklet hatásának tanulmányozásakor nem lehet különválasztani a talaj N-dinamikájára, illetve a növény NO_3 -felvételére, -redukciójára és N-metabolizmusára gyakorolt hatását. Alacsony hőmérsékleten, gyenge N-ellátottságnál az akadályozott mineralizációs és nitrifikációs folyamatok miatt nincs, vagy alig van NO_3 -akkumuláció a növényben (CANTLIFFE, 1972b). Magas talaj- és léghőmérsékletnél a transzspiráció fokozott mértékű. A megnövekedett vízigényt nem tudja a növény kellő gyorsasággal kielégíteni a talajból, a növekedés leáll, a növény hervad, és a NO_3 -koncentráció megemelkedik (VAN DER BOON et al., 1988).

A vízellátás is befolyásolja a NO_3 -akkumulációt. A vízhiány akadályozza a növény normális növekedését, és életfolyamatait, így a vízstressz NO_3 -felhalmozódást eredményezhet (MAYNARD et al., 1976). Ugyanakkor a szárazság N-hiányhoz is vezethet a nitrifikációs folyamatok csökkenése miatt. Tehát a NO_3 -akkumulációhoz nitrátra és nedvességre egyidejűleg szükség van.

Egyéb környezeti tényezők is hatással vannak a NO_3 -felhalmozásra. Alacsony CO_2 -koncentrációnál növekedhet a növény NO_3 -koncentrációja, mivel egyes fajok nitrátreduktáz-enzimrendszerének működése függ a CO_2 jelenlététől. A szén-dioxid hatása a NO_3 -akkumulációra közvetve érvényesül (MAYNARD et al., 1976). Ezenkívül sok olyan tényező van (pl. jégeső, fagy, növényi betegségek, állati kártevők), amely a növény normális fejlődését akadályozza, ezáltal elősegíti a NO_3 -akkumulációt, ha egyidejűleg a talajban megfelelő mennyiségű NO_3 -N áll a növény rendelkezésére.

Az agrotechnikai tényezők hatása a növény nitráttartalmára

A növény tápanyagellátásának szerepe

A talajok megnövekedett ásványi-N-tartalma a NO_3 -akkumuláció egyik fő kiváltó tényezője (VENTER, 1979). A NO_3 -szint a növényekben nagymértékben függ a N-műtrágyák kijuttatott mennyiségétől, a nitrogén formájától, a kijuttatás időpontjától, módjától. Zöldségnövényekkel végzett nagyszámú kísérlet alapján – amelyekben a felhasznált N-műtrágya-adagok tág határok között változtak – bizonyították, hogy szoros összefüggés van a N-adagok és a növény NO_3 -koncentrációja között. A NO_3 -koncentráció a N-adagok emelésével folyamatosan növekedett (PRUGAR et al., 1991).

A NO_3 -tartalom függ a N-formától is (BARKER & MAYNARD, 1971). NO_3 -táplálás hatására nagyobb, NH_4 -trágyázás hatására kisebb a NO_3 -koncentráció, hiszen az ammónium közvetlenül beépül a szerves anyagba, míg a nitrát raktározódhat (LEHMANN, 1977).

Az NH_4 -felvétel befolyásolja a NO_3 -felvételt. NOVAK és munkatársai (1995) kísérletei alapján megállapították, hogy egy kezdeti stimulatív szakaszt követően az ammónium reverzibilisen, majd irreverzibilisen gátolta a NO_3 -transzportot. A gátlás mechanizmusa pontosan nem ismert, de sok elképzelés született ezzel kapcsolatban.

MINOTTI és munkatársai (1969) szerint az ammónium megváltoztatja a sejtmembrán permeabilitását és ezáltal korlátozódik a NO_3 -abszorpció. STEWART és munkatársai (1974) szerint az NH_4 -tápláláshoz alkalmazkodott növények olyan fehérjét tartalmaznak, mely gátolja a nitrátreduktáz enzimet. BRETELER és SMIT (1974) úgy találták, hogy az NH_4 -felvételt követő redoxpotenciál változás felelős a nitrátreduktáz enzim gátlásáért.

A N-műtrágyázás hatására fellépő NO_3 -tartalom változást tanulmányozva megállapítható, hogy megfelelő N-mérleg, illetve egyensúly esetén a NO_3 -akkumuláció kockázata csökken.

A növény NO_3 -tartalma a nitrogénen kívül a többi tápelem-ellátottsággal is összefüggésben van. A foszfor indirekt módon befolyásolja a NO_3 -tartalmat. Fokozza a nitrátreduktáz-aktivitást, ezért elégtelen P-ellátottságnál a NO_3 -akkumuláció növekszik, P-adagolás pedig csökkenti a NO_3 -szintet (BAKER & TUCKER, 1971; RAIKOVA & RAIKOV, 1982). Más kutatók viszont nem tapasztalták a P-hiány NO_3 -tartalom növelő hatását (BARKER & MAYNARD, 1971; BORISOV, 1985).

A kálium szintén közvetett módon hat a NO_3 -asszimilációra és -akkumulációra. Egyrészt elősegíti a fehérjeszintézist, így a nitrogén és kálium együttes alkalmazása növeli a fehérjék arányát, szemben a nem fehérje alkotókkal. Másrészt – mint kation – elősegíti a gyökerek NO_3 -abszorpcióját. Ezért ellentétes megfigyelések vannak a káliumnak a NO_3 -akkumulációra gyakorolt hatásával kapcsolatban.

A klór a káliumhoz hasonlóan a sejtek elektromos semlegességét igyekszik fenntartani és az ozmotikus nyomást szabályozza. A NO_3 -ionnak hasonló szerepe van a sejtben, ezért a klór verseng a nitráttal és csökkenti annak felvételét. Ez magyarázza azt, hogy KCl-műtrágya használatkor alacsonyabb a NO_3 -tartalom, mint K_2SO_4 hatására (BREIMER, 1982).

A kén és a mikroelemek megfelelő alkalmazásakor csökken a NO_3 -koncentráció, mivel ezek az elemek részt vesznek a NO_3 -asszimiláció különböző lépéseiben (PRUGAR et al., 1991). A molibdén alkotóeleme a nitrátreduktáz enzimnek, így hiányában fokozódik a NO_3 -akkumuláció.

A vetés idejének hatása a nitráttartalomra

A vetés idejének összefüggése a NO_3 -tartalommal az eltérő fény- és hőmérsékleti viszonyokkal magyarázható. Ősszel csökken a fény intenzitása és a megvilágítás időtartama, és ez csökkenti a nitrát redukcióját a növényben. Ugyanakkor a talajban még elegendő szervesetlen nitrogén áll a növény rendelkezésére. Az őszi termesztésű növények NO_3 -tartalma ezért gyakran magasabb, mint a tavaszi vetésűeké (VENTER, 1983). PASCHOLD & HUNDT (1986b) az őszi termesztésű spenótban 70 %-kal több nitrátot mért, mint a tavasziban.

Ha a N-műtrágya-felhasználás optimális, a NO_3 -tartalom a vegetáció során csökken. Ezért célszerű a betakarítást a lehető legkésőbb végezni (HUNDT et al., 1985). Ennek határt szabnak az étkezési szokások. Figyelembe kell venni, hogy a NO_3 -tartalom pár nap alatt is jelentősen változik az időjárási tényezők hatására (BREIMER, 1982).

A betakarítást nem reggel, hanem a délutáni órákban kell végezni, hogy az éjszaka felhalmozódott nitrát mennyisége a nappali megvilágítás hatására a lehető legnagyobb mértékben lecsökkenjen. Ezt veszik figyelembe az ún. biosárgarépa-termesztésben Németországban. A délutánra tervezett betakarítás reggelén a répatest alatt meglazítják a talajt, így a hajszálgyökerek elszakításával megakadályozzák a növény további

tápanyagfelvételét. Ugyanakkor az asszimiláció még zavartalanul folyik, és az éjszaka felhalmozódott nitrátot képes feldolgozni a növény (MANSS & MANSS, 1991).

A termesztés során a herbicidek alkalmazása következtében is megnövekedhet a NO_3 -tartalom (pl. 2,4 D) (HANWAY et al., 1963; SCHUPHAN, 1974).

Az élelmiszer-feldolgozás hatása a nitráttartalomra

Röviden szólni kell a növények ipari feldolgozásának NO_3 -tartalomra gyakorolt hatásáról is. Az élelmiszeripari feldolgozási folyamatok során a NO_3 -tartalom csökkenése várható. Már a növények mosása is csökkenti a NO_3 -koncentrációt, a mobilis nitrát kimosódása miatt. A spenót mosása és blansírozása SCHUPHAN (1974) mérései alapján 20–37 %-kal, VIDÁCS és munkatársai. (1987) szerint 5–10 %-kal, a félkész paraj levének előntése 60–70 %-kal csökkenti a NO_3 -tartalmat. A további folyamatok, a főzés, a tartósítási eljárások szintén csökkentik a NO_3 -koncentrációt.

A különböző tényezők NO_3 -tartalomra gyakorolt hatása alapján a termesztés során a nitráttartalom csökkenését az alábbiakkal lehet elérni:

- kevesebb nitrátot akumuláló fajták termesztésével,
- csak a szükséges mennyiségű N-műtrágya felhasználásával,
- a megfelelő N-forma megválasztásával,
- tápoldatos, vagy lokális műtrágya-adagolással,
- nitrifikációs inhibitorok alkalmazásával,
- napsütéses időben való, lehetőleg délutáni betakarítással.

Irodalom

- ALT, D. & FÜLL, A. M., 1988. Control of the nitrogen status of lettuce by nitrate analysis of plant sap. *Acta Horticulturae*. **222**. 23–28.
- BAKER, M. J. & TUCKER, B. B., 1971. Effects of rates of N and P on the accumulation of NO_3 -N in wheat, oats, rye and barley on different sampling dates. *Agron. J.* **2**. 204–207.
- BARKER, A. V. & MAYNARD, D. N., 1971. Nutritional factors affecting nitrate accumulation in spinach. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **2**. 471–478.
- BARKER, A. V., MAYNARD, D. N. & MILLS, H. A., 1974. Variations in nitrate accumulation among spinach cultivars. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* **99**. 132–134.
- BORISOV, V. A., 1985. Kompleksnaja ocenka razlicnyik szisztem udobrenyia v intenzivnom ovosnom szevooborote na alluvialnoj lugovoj pocve. *Agrokhimiya*. **2**. 29–36.
- BREIMER, T., 1982. Enviromental factors and cultural measures affecting the nitrate content in spinach. *Fertilizer Research*. **3**. 191–202.
- BRETELER, H. & SMIT, A. L., 1974. Effect of ammonium nutrition on uptake and metabolism of nitrate in wheat. *Neth. J. Agric. Sci.* **22**. 73–81.
- CANTLIFFE, D. J., 1972a. Nitrate accumulation in vegetable crops as affected by photoperiod and light duration. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* **97**. 414–418.
- CANTLIFFE, D. J., 1972b. Nitrate accumulation in spinach grown at different temperatures. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* **97**. 674–676.
- GAUDREAU, L. et al., 1995. Effects of photoperiod and photosynthetic flux on nitrate content and nitrate reductase activity in greenhouse-grown lettuce. *Journal of Plant Nutrition*. **3**. 437–453.

- GILINGERNÉ, P. M., 1993. Újra a nitrátról. *Kertészet és Szőlészet*. 9. 7.
- GLAAB, J. & KAISER, W. M., 1993. Rapid modulation of nitrate reductase in pea roots. *Planta*. 191. (2). 173-179.
- HANWAY, J. J. et al., 1963. The Nitrate Problem. Special Report No. 34. Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service in Agriculture and Home Economics. Ames. Iowa.
- HELMECZI B., 1994. *Mezőgazdasági mikrobiológia*. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- HUNDT, I., PASCHOLD, P. J. & PODLESÁK, W., 1985. Untersuchungen zum Einsatz der Pflanzenanalyse für die Vorausschätzung des Nitratgehalts von Spinat und Möhre zur Ernte. *Arch. Gartenbau*. Berlin.
- KÁDÁR I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiái Kutató Intézete. Budapest.
- LEHMANN, K., 1977. Die Wirkung hoher Mineraldüngung auf die wichtigsten Stickstofffraktionen, insbesondere Nitrat-N in Futterpflanzen. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk.* 21. (3) 191-199.
- MANSS, H. & MANSS, F., 1991. Gyökérzöltségek nitráttartalma. *Elvágják a tápanyag útját*. *Kertészet és Szőlészet*. 18. 6.
- MAYNARD, D. N. et al., 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.* 28. 71-118.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E. A., 1982. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Worblaufen-Bern.
- MINOTTI, P. L., WILLIAMS, D. C. & JACKSON, W. A., 1969. Nitrate uptake by wheat as influenced by ammonium and other cations. *Crop Science*. 8. 9-14.
- NÉMETH T., 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiái Kutató Intézete. Budapest.
- NIKIFOROVA, T. A., OVCHARENKO, G. A. & IZMAILOV, S. F., 1993. Estimation of the nitrate-reducing capacity of pea roots and leaves using different methodological approaches. *Russian Journal of Plant Physiology*. 40. 805-810.
- NOVAK, V. A., OSMOLOVSKAYA, N. G. & MIKLASHEVICH, A. I., 1995. Phytomonitoring of ammonium effect on nitrate transport. Fourth International Symposium on Inorganic Nitrogen Assimilation and the First Biostress Symposium Proceedings. 90.
- PASCHOLD, P. J. & HUNDT, I. 1986a. Produktion von Spinat und Möhren mit reduziertem Nitratgehalt. Akademie der Landwirt. der DDR Institut für Landwirt. Information und Dokumentation. Berlin. 24. (4). 4-40.
- PASCHOLD, P. J. & HUNDT, I. 1986b. Einfluß pflanzenbaulicher Maßnahmen sowie weiterer Umweltfaktoren auf den Nitratgehalt von Spinat und Möhre. *Arch. Gartenbau Berlin*. 34.
- PATE, J. S., 1973. Uptake, assimilation and transport of nitrogen compounds by plants. *Soil Biology and Biochemistry*. 5. 109-119.
- PILBEAM, D. J. & KIRKBY, E. A., 1992. Some aspects of the utilization of nitrate and ammonium by plants. In: *Nitrogen Metabolism of Plants*. (Eds.: MENGEL, K. & PILBEAM, D. J.) 55-70. Clarendon Press. Oxford.
- PRUGAR, J. et al., 1991. Nitrates in plants. In: BIELEK, P. et al.: *Nitrogen Cycles in the Present Agriculture*. 127-167. Priroda. Bratislava.
- RAIKOVA, L. L. & RAIKOV, V. P., 1982. Nitrate accumulation in late head cabbage produce under intensive fertilizer application. In: *Plant Metabolism Regulation*. 102-107. Szofia.
- SCHUPHAN, W., 1974. Significance of nitrates in food and drinking water. In: *Effects of Agricultural Production on Nitrates in Food and Water with Particular Reference to Isotope Studies*. 101-116. International Atomic Energy Agency. Vienna.
- SIBMA, L. & ALBERDA, T., 1980. The effect of cutting frequency and nitrogen fertilizer rates on dry matter production, nitroge uptake and herbage nitrate content. *Neth. J. Agric. Sci.* 28. 243-251.
- STEWART, G. R. et al., 1974. Ecological aspects of nitrogen metabolism. Mechanisms of Regulation of Plant Growth. (Eds: BIELESKI, R. L., FERGUSON A. R. & CRESSWELL, M. M.). 41-47. Bulletin of the Royal Society of New Zealand. Wellington.

- SURÁNYI R., CSENKE Z.-NÉ. & ALBERT I., 1989. Zöldségfélék nitráttartalmáról. XIX. Hungarochem Konferencia Keszthely. Műtrágyázás, növényvédelem. 189–196.
- TERBE I., ZSOLDOS L. & PATÓCS I., 1986. A zöldségnövények nitráttartalma. Lippay János Tudományos Ülésszak Előadásai. 1. 125–131.
- VAN DER BOON, J., STEENHUIZEN, J. W. & STEINGRÖVER, E. G., 1988. Effect of EC, and Cl and NH_4 concentration of nutrient solutions on nitrate accumulation in lettuce. *Acta Horticulturae*. 222. 35–42.
- VAN DER BOON, J., STEENHUIZEN, J. W. & STEINGRÖVER, E. G., 1990. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, NH_4/NO_3 ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. *Journal of Horticultural Science*. 65. (3) 309–321.
- VENTER, F., 1979. Nitrate contents in carrots (*Daucus carota* L.) as influenced by fertilization. *Acta Horticulturae*. 93. 163–171.
- VENTER, F., 1983. Möglichkeiten zur Beeinflussung des Nitratgehaltes in Gemüsepflanzen. In: Nitrat in Gemüse und Grundwasser. 161–172. Vortragstexte. Bonn.
- VIDÁCS F.-NÉ., TÓDOR L. & ZELENÁK F.-NÉ., 1978. Műtrágyaadagolás hatása zöldségfélék nitrát- és nitráttartalmára. *Élelmezési Ipar*. 8. 298–301.
- ZURHAKE, F., 1983. Einfluß von Umweltfaktoren auf den Nitratgehalt in Gemüse. In: Nitrat in Gemüse und Grundwasser. 118–123. Bonn.

Érkezett: 1999. március 8.

NÁDASYNÉ IHÁROSI ERZSÉBET

Pannon Agrártudományi Egyetem,
Agrokémiai Tanszék, Keszthely